

Avaliação preliminar da qualidade das águas da Floresta Nacional de São Francisco de Paula, RS, Brasil

Fernando Dantas Campello¹; Cláudia Flores Braga¹; Cátia Viviane Gonçalves¹; Candice Salerno Gonçalves¹; Daniela Fuhro¹; José Eloy dos Santos Júnior²; Gilberto Gonçalves Rodrigues³; Teresinha Guerra³ & Sandra Maria Hartz³

Resumo: (Avaliação preliminar da qualidade das águas da Floresta Nacional de São Francisco de Paula, RS, Brasil) - Uma análise preliminar da qualidade das águas das microbacias do Rio Rolante e do Arroio Lajeado, as quais percorrem a área da Floresta Nacional de São Francisco de Paula no estado do RS, foi realizada com a finalidade de verificar se as atividades existentes no entorno da unidade de conservação afetam os cursos de água da região. Foram analisadas tanto as variáveis físicas e químicas quanto a composição e abundância dos macroinvertebrados bentônicos. A qualidade da água, de um modo geral, foi considerada boa, embora tenham sido detectados valores elevados de nitrato, nitrito, fósforo, coliformes fecais e sólidos totais dissolvidos no ponto PT5, cobre (Cu) e zinco (Zn) no ponto PT6 (formadores do Arroio Lajeado) e coliformes fecais nos pontos PT1 e PT2 (formadores do Rio Rolante). A contaminação, provavelmente, é proveniente do uso de pesticidas, da criação de animais e de efluentes agrícolas e domésticos.

Palavras-chave: FLONA, unidades de conservação, qualidade das águas, macroinvertebrados bentônicos, variáveis físicas e químicas.

Abstract: (Preliminary evaluation of the water quality in the National Forest of São Francisco de Paula, RS, Brazil) - A preliminary analysis of the water quality of Rolante River and Lajeado Stream microbasins was accomplished with the purpose of verifying the impact of human activities on these water bodies. Both microbasins cross the area of the National Forest of São Francisco de Paula (FLONA-SFP), a national conservation unit located in Rio Grande do Sul State, Brazil. Physical and chemical variables were analyzed, as well as the composition and abundance of benthic macroinvertebrates. In a general way, the water quality was considered good, although it was detected some contamination for the variables phosphorus, nitrate, nitrite, fecal coliform and total dissolved solids in the point PT5, copper (Cu) and zinc (Zn) in the point PT6 (Lajeado stream) and fecal coliform in the points PT1 and PT2 (Rolante river). The contamination is originated probably from the use of pesticides, animal keeping and from agricultural and domestic sewage.

Keywords: FLONA, conservation units, water quality, benthic macroinvertebrates, physico-chemical variables.

¹ Bolsistas CAPES do Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Instituto de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

² Programa de Pós Graduação em Zoologia, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.

³ Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Instituto de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Autor para correspondência: Sandra Maria Hartz, hartzsm@ecologia.ufrgs.br

Autor e endereço para envio das provas e separatas: Prof^a Dr^a Sandra Maria Hartz - Programa de Pós-Graduação em Ecologia/UFRGS. Avenida Bento Gonçalves, 9500 – Prédio 43422, Porto Alegre/RS – CEP 91540-000.

Introdução

A água doce é um recurso natural limitado essencial para a agricultura, indústria e para a existência da vida. Tem sido demonstrado que água de boa qualidade é essencial para a manutenção de um desenvolvimento sócio-econômico sustentável (Bartram & Balance, 1996). Entretanto, a rápida expansão da população humana observada nas últimas décadas – e a imensa variedade de atividades a ela associadas – têm provocado um aumento na procura por recursos e na produção de dejetos, além de conflitos por ocupação e uso do solo. Tais atividades muitas vezes acabam por afetar negativamente o ambiente e os mananciais hídricos. Ecossistemas aquáticos estão ameaçados, em escala mundial, por problemas de poluição, uso destrutivo do solo e por práticas de manejo mal planejadas (Bartram & Balance, 1996). Dessa forma, as unidades de conservação tornam-se cada vez mais importantes para a manutenção dos recursos naturais, dos processos ecológicos e da vida silvestre, já que são áreas protegidas da ação humana indiscriminada.

Segundo o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza - SNUC (Brasil, 2000), as Florestas Nacionais (FLONAS) são unidades de conservação de uso múltiplo sustentável com cobertura florestal de espécies predominantemente nativas. São áreas de domínio público destinadas à produção economicamente sustentável de produtos madeireiros e não-madeireiros (artesanato, óleos essenciais, sementes), proteção dos recursos hídricos, manejo da fauna silvestre, pesquisas científicas, educação ambiental e a atividades recreativas. As FLONAS vêm se consolidando como aliadas ao esforço conservacionista, procurando demonstrar, na prática, a viabilidade do manejo integrado e sustentável dos recursos florestais, mantidas a biodiversidade e integridade social. As unidades de conservação desempenharão ou não seus objetivos dependendo da forma como elas são manejadas internamente e das suas relações com a área de entorno. No entanto, para o cumprimento de seus objetivos, as FLONAS devem possuir um plano de manejo, ou seja, um instrumento dinâmico que, utilizando técnicas de planeja-

mento do uso dos recursos naturais, contenha as diretrizes e metas a serem atingidas (Souza, 1994).

A Floresta Nacional de São Francisco de Paula (FLONA-SFP), localizada no nordeste do estado do Rio Grande do Sul, está para iniciar a elaboração de um novo plano de manejo, uma vez que o plano existente encontra-se desatualizado. O Roteiro Metodológico para a Elaboração de Plano de Manejo para Florestas Nacionais (Chagas *et al.*, 2003), que estabelece e uniformiza os passos para o planejamento nessas unidades de conservação, dispõe sobre a necessidade de se conhecer as características físicas e químicas dos corpos hídricos pertencentes as FLONAS, bem como realizar análises da qualidade dessas águas.

O estudo do comportamento hidrológico e a quantificação da disponibilidade hídrica servem de base para o planejamento de recursos e são aplicados a diversos problemas que envolvem sua utilização, preservação e ocupação das bacias hidrográficas (Tucci, 1997). Os ecossistemas aquáticos continentais caracterizam-se pela variabilidade e intensa dinâmica dos gradientes que descrevem as condições ambientais. Além do clima, regime hídrico, bem como de substâncias e materiais das áreas adjacentes, tais condições estão intimamente relacionadas com a hidrologia do sistema (Schäfer, 1985). Os processos de lixiviação e erosão dos solos contribuem de maneira significativa para o aporte de substâncias químicas nos cursos de água, sendo de grande importância o conhecimento dos tipos de uso do solo praticados no entorno dos recursos hídricos. Dentro deste contexto a água torna-se a principal via para que os elementos químicos sejam transportados nas espécies dissolvidas e espécies associadas a partículas sólidas (Gibbs, 1973; Förstner & Wittmann, 1981; Lacerda, 1983). Dessa forma, a análise de variáveis físicas e químicas é indispensável a estudos que visem à avaliação da qualidade das águas.

Entretanto, segundo Resh *et al.* (1996), um dos problemas de utilizar somente medições de variáveis físicas e químicas para a avaliação da qualidade das águas consiste no fato de que tais variáveis fornecem dados que refletem as condições ambientais apenas no momento em que as amostras foram obtidas. Esses autores lembram

também que a poluição aquática é essencialmente um problema de cunho biológico. Na essência, a abordagem física e química fornece um quadro instantâneo das condições da água. Por outro lado, dados biológicos, ao invés de serem apenas medições momentâneas, fornecem informações do passado recente do ambiente em questão. De todos os organismos aquáticos de água doce que têm sido usados para fins de monitoramento da qualidade das águas, os invertebrados bentônicos são os mais recomendados (Resh *et al.*, 1996). Rosenberg & Resh (1993) citam os motivos pelos quais esses organismos são tão utilizados como indicadores da qualidade de ambientes límnicos: estão presentes nos mais variados tipos de ambientes aquáticos, podendo ser usados para detectar perturbações em diferentes habitats; a grande quantidade de espécies existentes oferece um amplo espectro de respostas a estresses ambientais; o hábito basicamente sedentário desses organismos permite a elaboração de análises espaciais dos efeitos de poluentes; o ciclo de vida relativamente longo permite o estudo temporal de mudanças provocadas por perturbações ao ambiente.

Esse estudo tem como objetivo – através de análises físicas, químicas e de macroinvertebrados bentônicos – levantar dados preliminares sobre a qualidade da água dos rios que percorrem a área da FLONA-SFP, fornecendo informações que possam ser utilizadas durante a elaboração do plano de manejo para essa unidade de conservação.

Material e Métodos

Área de estudo

A Floresta Nacional de São Francisco de Paula (FLONA-SFP), cuja área foi comprada pelo governo federal em 27/08/45, formalizada pela portaria nº 561 de 25/10/68 localiza-se no município de São Francisco de Paula/RS, entre as coordenadas 29°23' e 29°27' de latitude sul e 50°23' e 50°25' de longitude oeste e possui atualmente uma área de 1606,70 ha. A FLONA-SFP constitui um remanescente da floresta com araucária no Rio Grande do Sul, apresentando diferentes

tipos de ecossistemas, tais como floresta nativa com *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze, campos, capoeiras, cachoeiras, arroios, açudes, banhados, área de florestamento de *A. angustifolia*, *Eucalyptus* spp., *Pinus elliotti* Engelm. e *P. taeda* L.

A unidade fitoecológica correspondente é Floresta Ombrófila Mista, a qual caracteriza-se pela mistura de floras de diferentes origens, expressando padrões fitofisionômicos típicos, em zona climática caracteristicamente pluvial. O contingente florístico que acompanha esta fitofisionomia compõe-se de espécies características das regiões vizinhas: Florestas Estacionais e Ombrófila Densa (Leite & Klein, 1990). Conforme Ab'Sáber (2003), “o mato é baixo e relativamente descontínuo, com pinhais altos, esguios e imponentes - um tanto exóticos e homogêneos - em face da biodiversidade marcante dos sub-bosques regionais”. Ainda conforme este autor, um aspecto marcante desta fitofisionomia é a existência de pequenos mosaicos entremeados por pequenos bosques de pinhais.

A unidade de relevo correspondente é “Relevo Planalto das Araucárias” (Hermann & Rosa, 1990), a qual estende-se por uma grande porção da região sul, abrangendo terras pertencentes aos estados do Rio Grande do Sul, Paraná e Santa Catarina. O substrato litológico fundamental é a “Formação Serra Geral”, a qual constitui-se de uma seqüência espessa de rochas vulcânicas predominantemente basálticas, com constituintes ácidos, mais abundantes na porção superior dos derrames (Hermann & Rosa, 1990). O tipo de solo correspondente é “cambissolo húmico aluminico” (Streck *et al.*, 2002), derivado de rochas efusivas básicas, intermediárias e ácidas (basalto, riocitos ou riolitos). O solo é raso, ácido, rico em matéria orgânica e com afloramentos rochosos (Moser, 1990).

O clima na região é do tipo temperado (Cfb, segundo Strahler, 1977), com temperatura média anual de 14,5°C. A pluviosidade é regularmente distribuída durante todo o ano, sendo o valor médio anual de 2468mm (Schneider *et al.*, 1989), podendo ocorrer geadas e neve no inverno.

Do ponto de vista dos recursos hídricos, a FLONA-SFP apresenta banhados e açudes de

pequenas dimensões e é recortada por sangas e arroios formadores do Rio Rolante. A área abrange duas microbacias pertencentes à bacia de drenagem do Rio dos Sinos. Essas microbacias são a do Rio Rolante e a do Arroio Lajeado.

A região do entorno da FLONA-SFP é essencialmente minifundiária, caracterizando-se pela atividade diversificada em pequena escala, desenvolvida diretamente pelos proprietários. A criação de gado e a agricultura de subsistência têm grande importância (Schneider *et al.*, 1989).

Procedimentos de campo

A distribuição espacial dos pontos de amostragem foi definida de maneira a abranger as duas microbacias, permitindo uma comparação entre elas. Para isso, foram selecionadas estações de coleta à montante dos limites da FLONA (PT1 e PT2), no interior da FLONA (PT3, PT5, PT6 e PT7) e à jusante da FLONA (PT4), nas duas microbacias (Figura 1). A descrição geral da fisionomia de cada estação de coleta encontra-se na Tabela I.

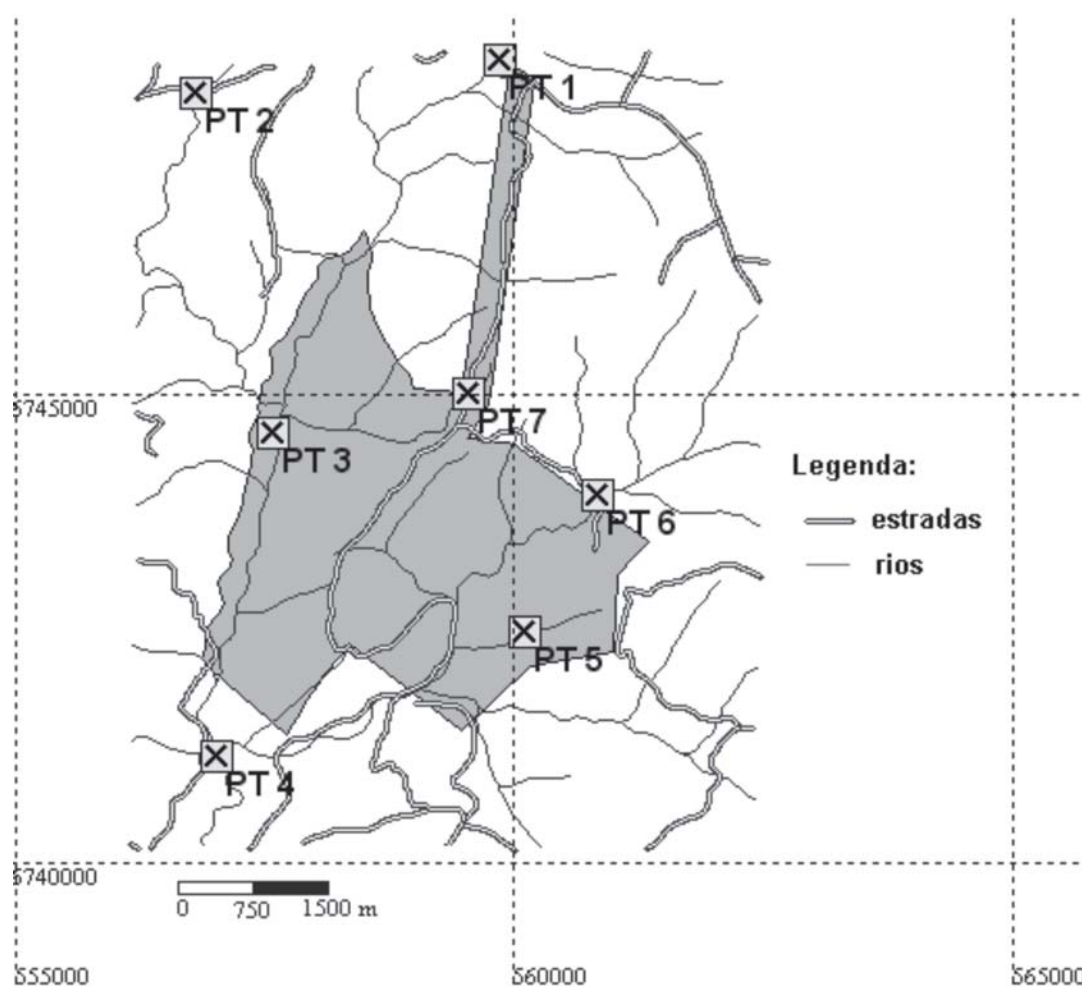


Figura 1: Mapa com a localização dos pontos de amostragem. A área cinza indica os limites da FLONA-SFP

Tabela I. Características das estações amostrais para avaliação das condições da água na FLONA-SFP, em 27 de outubro de 2004.

| Local | | Curso d'água | Coordenadas UTM | Largura | Características |
|-------|----|----------------------------|----------------------|---------|--|
| PT1 | EF | Arroio Restingão | 0559915E 6748568N | 2,6 m | Às margens da estrada de acesso ao portão principal da FLONA-SFP, à jusante de uma cachoeira. |
| PT2 | EF | Afluente do Rio Rolante | 0556859E 6748214N | 6,7 m | Às margens da estrada de acesso ao portão principal da FLONA-SFP. Área de campos. |
| PT3 | AF | Rio Rolante | 0557631E 6744587N | 13 m | Denominado como Perau do Macaco Branco, de difícil acesso, área escarpada. |
| PT4 | EF | Rio Rolante | 0557070E 6741139N | 22 m | Denominado como Sumidouro. |
| PT5 | AF | Afluente do Arroio Lajeado | 0560167E 6742481N | 0,95 m | No interior da mata. O curso de água é bem mais estreito que os demais. Nas proximidades existem plantações de batata, habitações e área de desbaste de Pinus. |
| PT6 | AF | Arroio Lajeado | 0560880E 6743929N | 6,6 m | Caminho para a cascata Bolo de Noiva. |
| PT7 | AF | Açude | 0559587E 6745023N | Ñ | Próximo à Sede Administrativa |

Legenda: AF – área da FLONA-SFP; EF – entorno da FLONA-SFP

A coleta de água foi realizada no dia 27 de outubro de 2004 e a descrição dos métodos empregados para medição, coleta, preservação e análise de cada variável encontra-se na Tabela II. Em cada um dos pontos foram obtidas amostras de água superficial, através de coleta manual, mergulhando os frascos com a abertura voltada contra a correnteza. A vazão foi medida com molinete, seguindo as instruções da Norma L4.001 (CETESB, 1978). A temperatura da água foi feita no local, com leitura direta. O pH e a condutividade foram determinados em campo, de acordo com a NBR 14339 e NBR 14340 (ABNT, 1999). As amostras de água foram preservadas como consta na Tabela II e encaminhadas ao laboratório do Centro de Ecologia/UFRGS, para análise das seguintes variáveis: alcalinidade, cloretos, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), fenóis, fósforo total, nitrato, nitrito, turbidez, metais (cobre, zinco e mercú-

rio), oxigênio dissolvido, percentual de saturação de oxigênio, sólidos totais dissolvidos, sólidos totais, coliformes totais e coliformes fecais.

A coleta de macroinvertebrados bentônicos foi realizada nas estações de coleta PT1, PT2, PT4, PT5 e PT6. A amostragem no PT3 não foi possível devido à dificuldade de acesso, enquanto que o PT7 não foi amostrado por se tratar de um açude, ou seja, um ambiente lântico e completamente diferente dos demais, no qual o método de amostragem utilizado não seria adequado. As amostragens foram realizadas com um amostrador do tipo Surber de 0,09 m² de área, posicionado contra a corrente durante dez minutos. Foram amostrados apenas locais onde o substrato era composto predominantemente por seixos de aproximadamente 5 cm de diâmetro, com objetivo de padronizar os ambientes e diminuir as diferenças de habitats entre os pontos de amostragem. Segundo Resh *et al.* (1996), um

cuidado a ser tomado durante uma amostragem que vise à comparação entre cursos de água diferentes é que as características físicas dos pontos selecionados devam ser as mais parecidas possíveis. Esse cuidado tornou-se necessário, uma vez que o objetivo do estudo foi detectar alterações provocadas pela diferença de qualidade da água e não pela diferença de habitats. Todos os seixos situados dentro da área delimitada pelo amostrador foram lavados e inspecionados à procura por macroinvertebrados. Após a remoção dos

seixos maiores, o substrato no interior da área delimitada pelo amostrador foi revolvido para que os macroinvertebrados associados às frações mais finas de sedimento fossem arrastados pela corrente para o interior da rede. O material coletado foi armazenado em sacos plásticos, etiquetado e levado para o laboratório, onde foi lavado em peneira de malha de 300 µm, corado com Rosa de Bengala e preservado em álcool 70%. A triagem e a identificação foram feitas em lupa estereoscópica.

Tabela II. Variáveis medidas e métodos e normas empregados nas análises.

| Variável | Preservação | Método | Referência |
|-----------------------------------|--|---|---------------|
| Vazão | Refrigerar à 4 °C | Micromolinetete | CETESB (1978) |
| Temperatura da água | - | Termômetro | - |
| Oxigênio dissolvido | 2 mL de sol. sulfato manganoso e 2 mL de sol. álcali iodeto azida | Oximetria | APHA (1998) |
| pH | Refrigerar à 4 °C | Potenciometria | ABNT (1999) |
| Condutividade | Refrigerar à 4 °C | Potenciometria | ABNT (1999) |
| Sólidos totais dissolvidos | Refrigerar à 4 °C | Potenciometria | APHA (1998) |
| Sólidos totais | Refrigerar à 4 °C | Gravimetria - secagem a 105°C | APHA (1998) |
| Dureza | HNO ₃ conc. até pH < 2. Refrigerar à 4 °C | Complexometria com EDTA | ABNT (1992) |
| Alcalinidade | Refrigerar à 4 °C | Volumetria de neutralização | ABNT (1996) |
| Cloretos | - | Volumetria de precipitação | ABNT (1997) |
| Demanda Bioquímica de Oxigênio | Refrigerar à 4 °C | Método Winkler | APHA (1998) |
| Fenol | H ₂ SO ₄ até pH < 2. Refrigerar à 4 °C | Absorciometria com clorofórmio | APHA (1998) |
| Fósforo Total | H ₂ SO ₄ até pH < 2. Refrigerar à 4 °C | Absorciometria com redução do ácido ascórbico | APHA (1998) |
| Nitrato | Refrigerar à 4 °C | Espectrofotometria UV | APHA (1998) |
| Nitrito | Refrigerar à 4 °C | Absorciometria com ácido fenilssulfônico | ABNT (1992) |

Tabela II (Continuação...)

Análise dos dados

Os resultados foram analisados estatisticamente através de análises multivariadas utilizando-se de técnicas de ordenação e agrupamento calculadas nos pacotes estatísticos Primer-E5 (Clarke & Warwick, 2001) e Past ver.1.28 (Hammer *et al.*, 2004). Essas técnicas têm por objetivo simplificar, condensar e representar sinteticamente conjuntos de dados multidimensionais que possam ser demonstrados em um número menor de dimensões (Valentin, 2000). Os dados faltantes (não coletados) foram preenchidos através da média dos valores obtidos para a mesma variável nos demais pontos de amostragem, exceto a vazão no PT7, que foi considerada nula. Os resultados não detectados (valor inferior ao limite de detecção da técnica utilizada para a análise) foram substituídos pela metade do limite de detecção.

Todos os dados foram previamente padronizados. A padronização (cada valor é subtraído da média da amostra e dividido pelo desvio padrão) é uma transformação aconselhável caso as variáveis a serem analisadas apresentem unidades e magnitudes diferentes.

O dendrograma de agrupamento dos pontos de amostragem para as variáveis físico-químicas foi calculado através da medida de semelhança de Bray-Curtis e pelo método de associação mé-

dia (Krebs, 1989). Para o cálculo da ordenação pelo método dos componentes principais foi utilizado como medida de semelhança o coeficiente de correlação entre as variáveis.

Os dados dos macroinvertebrados bentônicos foram explorados por meio de análises de agrupamento calculadas através da medida de semelhança de Bray-Curtis, pelo método de associação média e por meio de análises de ordenação MDS (Multi-Dimensional Scaling). Segundo Clarke & Warwick (2001), a análise de MDS pode ser vantajosa em relação a outras técnicas de ordenação devido à sua flexibilidade (a posição dos pontos é calculada a partir de uma matriz de similaridades e não de correlações, como na análise de componentes principais). Para a análise MDS a medida de semelhança usada também foi a de Bray-Curtis.

Diversos índices têm sido desenvolvidos com o objetivo de facilitar a interpretação e comparação de estudos envolvendo macroinvertebrados bentônicos e qualidade ambiental. Um dos índices mais comuns é denominado EPT e consiste da soma do número de indivíduos das ordens Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera (classe Insecta) em relação ao número de indivíduos de um grupo taxonômico resistente a condições ambientais adversas (normalmente Chironomidae) ou então em relação ao número total de indivíduos presentes na amostra (Reice

& Wohlenberg, 1993). A ordens Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera têm sido freqüentemente utilizadas como indicadoras da qualidade das águas, uma vez que esses organismos são sensíveis à poluição, sendo que cursos de água onde esses macroinvertebrados estão presentes em gran-

de número normalmente podem ser considerados de boa qualidade (Boyle & Fraleigh Jr., 2003). Para esse estudo o índice EPT foi calculado para cada ponto de coleta, através das duas maneiras citadas anteriormente.

Tabela III. Variáveis físicas e químicas obtidas no dia 27/10/2004 em sete localidades situadas na FLONA-SFP, nas microbacias do rio Rolante e arroio Lajeado.

| Variável | PT1 | PT2 | PT3 | PT4 | PT5 | PT6 | PT7 |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Vazão ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$) | 0,18 | 0,19 | 0,80 | 0,69 | 0,015 | 0,13 | nm |
| pH | 6,7 | 6,2 | 6,2 | 6,3 | 7,2 | 6,8 | 5,9 |
| Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) | 15,2 | 14,2 | 11 | 14,1 | 13,4 | 12,2 | 15,6 |
| Condutividade (mS cm^{-1}) | 13,3 | 20 | 30 | 24 | 40,6 | 15,3 | 54,1 |
| Oxigênio dissolvido (mgL^{-1}) | 9,3 | 9,3 | 9,8 | 9,5 | 8,8 | 9,8 | 7,3 |
| Saturação (%) | 100 | 100 | 100 | 98,2 | 92 | 95 | 100 |
| Sólidos totais dissolvidos (mgL^{-1}) | 7 | 10 | 5 | 12 | 21 | 8 | 5 |
| <i>E. coli</i> (NMP 100 mL^{-1}) | 614 | 489 | 94 | 72 | 687 | 215 | 56 |
| Col. totais (NMP 100 mL^{-1}) | 2420 | 2420 | 1987 | 1987 | 2420 | 2420 | 2420 |
| Alcalinidade (mEq L^{-1}) | 0,21 | 0,315 | 0,263 | 0,263 | 0,42 | 0,263 | 0,157 |
| Cloretos (mgL^{-1}) | 1,5 | 1 | 1,5 | 1 | 1,5 | 1,5 | 1,5 |
| DBO (mgL^{-1}) | 2,83 | 3,06 | nc | 3,1 | 2,91 | 3,34 | 2,83 |
| Dureza (mgL^{-1}) | 17 | 17,9 | nc | 17 | 18,3 | 16,2 | 17,9 |
| Fenóis (mgL^{-1}) | nd | nd | nd | nd | nd | nd | 0,01 |
| Fósforo total (mgL^{-1}) | 0,0269 | 0,0342 | 0,0187 | 0,0181 | 0,0452 | 0,0188 | 0,0162 |
| Nitrato (mgL^{-1}) | 0,692 | 0,618 | 0,623 | 0,733 | 1,16 | 0,536 | 0,828 |
| Nitrito (mgL^{-1}) | 0,004 | 0,005 | 0,005 | 0,006 | 0,0152 | 0,003 | 0,008 |
| Cobre (mgL^{-1}) | nd | nd | 0,007 | 0,007 | 0,009 | 0,017 | nd |
| Zinco (mgL^{-1}) | 0,005 | 0,009 | 0,007 | 0,01 | 0,009 | 0,021 | nd |
| Sólidos totais (mgL^{-1}) | 68 | 90 | 69 | 56 | 39 | 89 | 37 |
| Turbidez (UNT) | 8,57 | 8,91 | 9,38 | 9,62 | 24,3 | 14,2 | 7,14 |

Legenda: nd = não detectado (inferior ao limite de detecção da análise); nc = não coletado; nm = não medido; nmp = número mais provável de colônias.

Resultados e Discussão

A Tabela III apresenta os resultados das variáveis físicas e químicas obtidas nas sete estações de coleta. Os pontos PT5 e PT7 apresentaram características físicas e químicas diferentes dos demais. O PT7 está localizado em um açude, constituído de variáveis físicas, como a vazão, diferentes das demais. Dessa forma, já era esperado que suas características fossem distintas dos outros pontos amostrais. Este local mostrou o menor pH (5,9), a maior temperatura (15,6 °C), a menor concentração de oxigênio dissolvido (7,3 mgL⁻¹) e a maior condutividade (54,1 µS cm⁻¹). O PT5 por sua vez é um riacho estreito e possui uma vazão muito inferior (0,015 m³s⁻¹) em relação aos demais pontos de águas lóticas. Foi o único local com um pH alcalino de 7,2, apresentando a menor concentração de oxigênio dissolvido (8,8 mgL⁻¹) e a maior condutividade (40,6 mScm⁻¹) entre os pontos de água corrente e a maior concentração de sólidos totais dissolvidos (21 mgL⁻¹) entre todos os pontos. Além disso, o PT5 foi o que apresentou a maior alcalinidade (0,42 mEqL⁻¹), o que explica o pH alcalino. Também se observou a maior dureza (18,3 mgL⁻¹), a maior turbidez (24,3 UNT) e as maiores concentrações de coliformes fecais (687 NMP 100 mL⁻¹), de fósforo total (0,0452 mgL⁻¹), de nitrato (1,16 mgL⁻¹) e de nitrito (0,0152 mgL⁻¹) na água. O curso de água onde o PT5 está localizado atravessa uma região onde há residências, plantação de batatas e criação de animais. Os valores elevados de fósforo, nitrato, nitrito e a presença de coliformes fecais sugerem uma contaminação por fertilizantes agrícolas e efluentes domésticos ou da criação de animais (Minella & Merten, 2002).

Ao comparar os resultados da Tabela III com a legislação estabelecida pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 1992), observa-se que o fósforo apresentou concentrações acima do limite recomendável nos pontos PT1, PT2 e PT5 (<0,025 mgL⁻¹). Entretanto, existe uma discussão de que os limites estabelecidos por essa legislação são considerados baixos para os padrões das bacias hidrográficas do Rio Grande do Sul, que em muitos locais são naturalmente ricas em fósforo devido à composição litológica (Von Sperling, 1996).

Os resultados de DBO nos pontos PT2, PT4 e PT6 ultrapassaram o limite da legislação para águas de Classe 1 (águas destinadas ao abastecimento doméstico após tratamento simplificado; à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário; à irrigação de hortaliças consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas, sem a remoção de película; e ainda à criação natural e/ou intensiva de espécies destinadas à alimentação humana). Altos valores de fósforo e DBO costumam causar impactos aos ecossistemas aquáticos, sendo que o fósforo é muitas vezes responsável por induzir o processo de eutrofização das águas e uma DBO elevada reduz a concentração de oxigênio disponível. Segundo Wetzel & Linkens (1991), os resíduos domésticos e industriais, assim como os fertilizantes, constituem as principais fontes artificiais de fosfato, enquanto que uma alta DBO é resultante da decomposição de material orgânico, muitas vezes originado pela liberação de esgotos domésticos e por resíduos provenientes da criação de animais.

Os pontos PT1, PT2, PT5 e PT6 apresentaram concentrações de coliformes fecais que se enquadram em águas de Classe 2 (águas destinadas ao abastecimento doméstico após tratamento convencional; à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário; à irrigação de hortaliças e de plantas frutíferas; e à criação natural e/ou intensiva de espécies destinadas à alimentação humana) pela Resolução n°20 do CONAMA (superior a 200 coliformes a cada 100 mL). Os pontos PT1, PT2 e PT5 foram os que apresentaram as maiores quantidades de coliformes (614 NMP 100 mL⁻¹, 489 NMP 100 mL⁻¹ e 687 NMP 100 mL⁻¹, respectivamente). Essa mesma resposta fica evidenciada através da análise de agrupamento, a qual separa os pontos em dois grupos, o primeiro composto pelos locais com maiores concentrações de coliformes fecais e o segundo pelos demais pontos (Figura 2).

O diagrama de dispersão dos pontos de amostragem obtido através da análise de ordenação pelo método dos componentes principais é mostrado na Figura 3. Todas as variáveis ambientais foram incluídas na análise. Os dois primeiros componentes foram responsáveis por

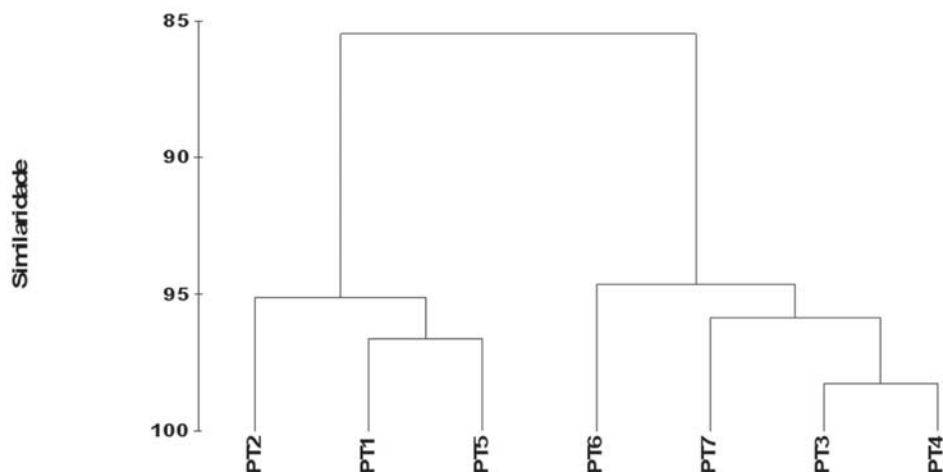


Figura 2: Dendrograma resultante da análise de agrupamento para as variáveis físicas e químicas da água, obtidas em sete localidades situadas na FLONA-SFP em 27 de outubro de 2004, nas microbacias do rio Rolante e do arroio Lajeado.

explicar 61,2% da variância total dos dados. O diagrama mostra claramente que os pontos PT5 e PT7 distinguem-se dos demais, como apresentado na Tabela III. A componente 1 está correlacionada principalmente com as variáveis nitrato, nitrito, fósforo, sólidos totais dissolvidos e turbidez, as quais são as principais responsáveis pela separação do PT5 em relação aos demais. Já a componente 2 tem uma melhor correlação com as variáveis zinco, oxigênio dissolvido, DBO e cobre. Os coeficientes de correlação de cada variável com as duas primeiras componentes são mostrados na Tabela IV. O PT6, por sua vez, destaca-se dos outros ao longo da componente 2 por apresentar as maiores concentrações para os metais cobre e zinco. É possível que os valores de Cu e Zn mais elevados no PT6 possam ser explicados pela utilização de fungicidas no cultivo das lavouras de batatas localizadas neste entorno, já que estes defensivos possuem tais elementos na sua composição (Dores & DeLamonica-Freire, 2001). Os demais pontos (PT1, PT2, PT3 e PT4) estão todos localizados na microbacia do rio Rolante e possuem caracterís-

ticas semelhantes entre si, formando um grupo na Figura 3. É importante ressaltar que em nenhum ponto foi detectada a presença de mercúrio (Hg).

As variáveis físicas e químicas apresentadas indicam que a qualidade das águas da FLONA-SFP pode ser considerada boa no geral, enquadrando-se nas Classes 1 ou 2 da Resolução nº 20 do CONAMA. Entretanto, há um indício de contaminação (principalmente por compostos nitrogenados, fósforo, coliformes e sólidos dissolvidos) no afluente do arroio Lajeado onde o PT5 está situado. Esse curso de água deve receber atenção redobrada devido à sua reduzida vazão, o que o torna mais suscetível à ação de contaminantes. Por outro lado, o PT6 apresentou concentrações de cobre e zinco superiores aos demais, embora ainda dentro dos limites da legislação. Esses dois pontos situam-se na microbacia do Arroio Lajeado, mais susceptível à ação antrópica das atividades agrícolas (plantio de batatas) do entorno quando comparada com a microbacia do Rio Rolante.

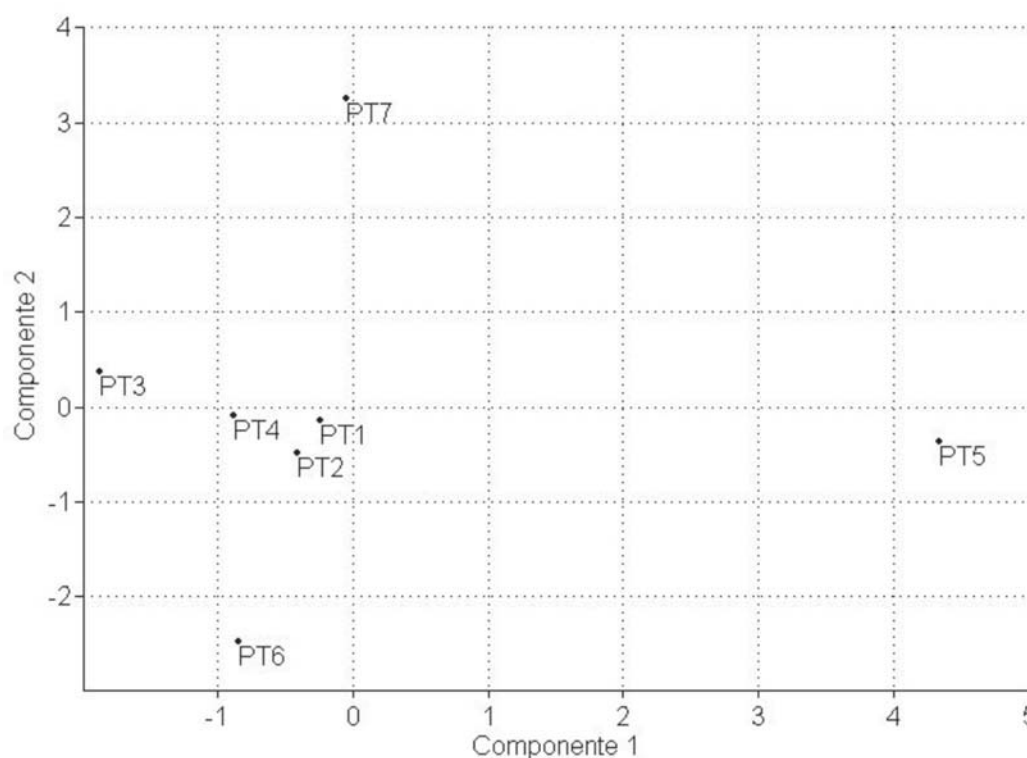


Figura 3: Ordenação dos pontos de amostragem pela técnica dos componentes principais para as variáveis físicas e químicas da água, obtidas em sete localidades situadas na FLONA-SFP em 27 de outubro de 2004, nas microbacias do rio Rolante e do arroio Lajeado.

Na microbacia do Rio Rolante os pontos com maior grau de contaminação são PT1 e PT2, ambos por coliformes fecais. Esses dois locais situam-se fora dos limites e à montante da FLONA-SFP. As baixas concentrações de coliformes fecais encontradas no Rio Rolante em pontos à jusante (PT3 e PT4) sugerem que a FLONA-SFP pode ter uma função de retenção e depuração de contaminantes, ao menos para os coliformes fecais. Sendo a FLONA-SFP uma unidade de conservação, considera-se que os rios que a atravessam não sofrem qualquer tipo de contaminação antrópica no interior de seus limites. É possível até mesmo que a área de abrangência da FLONA-SFP atue como uma espécie de filtro, ajudando na retenção e diluição de possíveis contaminantes previamente existentes nos cursos de água, auxiliando na melhoria da qualidade das águas dos rios que a cruzam.

Observando os dados da Tabela III nota-se que existe um gradiente partindo dos pontos PT1 e PT2 (maiores concentrações de coliformes) em direção ao PT4 (menor concentração). O PT4, no entanto, recebe as águas de ambas as microbacias (e de todos os demais pontos de amostragem) e poderia, por esse motivo, se esperar que ele fosse o ponto mais contaminado, o que acabou não ocorrendo. Entretanto, ressalta-se que todas as amostras desse estudo foram coletadas em um único dia e para uma avaliação mais conclusiva seria aconselhável um acompanhamento temporal das características físicas e químicas da água nos diferentes pontos de amostragem.

Quanto aos macroinvertebrados bentônicos, foram coletados 3873 indivíduos, classificados em 20 grupos taxonômicos, sendo que a classe Insecta predominou. A maioria dos exemplares foi classificada até os níveis de ordem ou famí-

Tabela IV: Coeficiente de correlação de cada variável com os dois primeiros componentes, calculado através da análise dos componentes principais para os dados físico-químicos obtidos no dia 27/10/2004 em sete localidades situadas na FLONA-SFP, nas microbacias do rio Rolante e do arroio Lajeado.

| Variável | CP1 | CP2 |
|----------------------------|----------|----------|
| Alcalinidade | 0,6824 | -0,4976 |
| Cloretos | 0,2218 | 0,1197 |
| Cobre | 0,04966 | -0,7031 |
| Coliformes fecais | 0,6724 | -0,331 |
| Coliformes totais | 0,4709 | -0,05162 |
| Condutividade | 0,02194 | 0,6378 |
| DBO | -0,352 | -0,7501 |
| Dureza | 0,6033 | 0,5677 |
| Fosforo | 0,8255 | -0,2452 |
| Nitrato | 0,9168 | 0,315 |
| Nitrito | 0,9148 | 0,2632 |
| Oxigênio dissolvido | -0,344 | -0,8339 |
| pH | 0,6947 | -0,6277 |
| Sólidos totais dissolvidos | 0,864 | -0,2966 |
| Temperatura | 0,2048 | 0,5132 |
| Turbidez | 0,8501 | -0,4029 |
| Vazão | -0,5871 | -0,07075 |
| Zinco | -0,08541 | -0,8552 |

lia. Na Tabela V são mostrados os números de macroinvertebrados por estação de coleta, identificados para cada grupo taxonômico.

A família Chironomidae (Insecta, Diptera) foi o grupo mais abundante nos pontos PT1, PT2, PT4 e PT6. No ponto PT5 o grupo Copepoda (Crustacea) apresentou maior frequência, sendo que mais de 52% dos indivíduos coletados nesse ponto pertenceram a esse grupo. Ephemeroptera (Insecta) foi o segundo grupo mais abundante nos pontos PT1, PT2, PT4 e PT6 e só não esteve presente em grande número no PT5, provavelmente, devido à sua sensibilidade aos parâmetros físicos e químicos exibidos. Esses

três grupos taxonômicos juntos representaram 81% do número total de indivíduos coletados, sugerindo que eles desempenham importante papel ecológico nos ecossistemas aquáticos da FLONA-SFP.

A Figura 4 mostra os valores obtidos para os índices EPT calculados sobre o número de indivíduos da família Chironomidae e sobre o número total de indivíduos da amostra. Nos dois casos observa-se que o menor valor ocorreu sempre no PT5, fato mais visível no cálculo em relação ao número total de indivíduos devido à grande quantidade de Copepodas presentes nesse ponto de amostragem. O EPT corrobora que o

Tabela V. Número total e percentual de indivíduos dos diferentes grupos taxonômicos de macroinvertebrados bentônicos coletados no dia 27/10/2004 em cinco localidades situadas na FLONA-SFP, nas microbacias do rio Rolante e do arroio Lajeado.

| Grupo taxonômico | PT1 | | PT2 | | PT4 | | PT5 | | PT6 | |
|------------------|-----|------|-----|------|-----|------|-----|------|-----|------|
| | N | % | N | % | N | % | N | % | N | % |
| Aeglidae | 0 | 0 | 4 | 0,6 | 0 | 0 | 1 | 0,1 | 7 | 0,8 |
| Bivalvia | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | 0,6 | 0 | 0 |
| Ceratopogonidae | 3 | 0,5 | 1 | 0,1 | 0 | 0 | 25 | 2,4 | 8 | 0,9 |
| Chironomidae | 230 | 40,9 | 265 | 39,7 | 467 | 60,3 | 157 | 15,4 | 494 | 58,4 |
| Cladocera | 18 | 3,2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 33 | 3,2 | 0 | 0 |
| Coleoptera | 8 | 1,4 | 9 | 1,3 | 24 | 3,1 | 10 | 1 | 28 | 3,3 |
| Copepoda | 43 | 7,6 | 38 | 5,7 | 11 | 1,4 | 538 | 52,7 | 11 | 1,3 |
| Ephemeroptera | 210 | 37,3 | 240 | 35,9 | 185 | 23,9 | 35 | 3,4 | 214 | 25,3 |
| Gastropoda | 6 | 1,1 | 3 | 0,4 | 8 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0,1 |
| Hemiptera | 1 | 0,2 | 2 | 0,3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Hirudinea | 0 | 0 | 1 | 0,1 | 2 | 0,3 | 1 | 0,1 | 1 | 0,1 |
| Hydracarina | 8 | 1,4 | 11 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0,1 |
| Nematoda | 2 | 0,4 | 3 | 0,4 | 1 | 0,1 | 3 | 0,3 | 3 | 0,4 |
| Odonata | 7 | 1,2 | 3 | 0,4 | 5 | 0,6 | 1 | 0,1 | 2 | 0,2 |
| Oligochaeta | 5 | 0,9 | 12 | 1,8 | 29 | 3,7 | 196 | 19,2 | 17 | 2 |
| Ostracoda | 5 | 0,9 | 2 | 0,3 | 1 | 0,1 | 2 | 0,2 | 0 | 0 |
| Plecoptera | 11 | 2 | 14 | 2,1 | 12 | 1,5 | 1 | 0,1 | 42 | 5 |
| Simuliidae | 2 | 0,4 | 51 | 7,6 | 21 | 2,7 | 2 | 0,2 | 6 | 0,7 |
| Tipulidae | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8 | 0,9 |
| Trichoptera | 4 | 0,7 | 9 | 1,3 | 9 | 1,2 | 10 | 1 | 3 | 0,4 |

PT5 apresenta águas de pior qualidade. Além disso, os pontos com o índice EPT mais baixos estão localizados na microbacia do arroio Lajeado (exceto o PT4, que se situa no rio Rolante, porém à jusante do ponto onde o arroio Lajeado encontra esse rio).

Análises de agrupamento e MDS foram calculadas para detectar a semelhança entre os pontos amostrais e permitir uma visão mais ampla dos fatores que caracterizam cada ponto de amostragem.

A Figura 5 mostra o dendrograma de agrupamento e o diagrama MDS obtidos para todas as amostras coletadas, considerando três repetições em cada ponto amostral. Nas duas formas de análise dois grandes grupos podem ser destacados, o primeiro representado pelas três repetições do PT5 (grupo B) e o segundo pelo restante das amostras de todos os demais pontos (grupo A), indicando que o PT5 é um ambiente diferenciado em relação à composição e abundância dos macroinvertebrados bentônicos ali presentes.

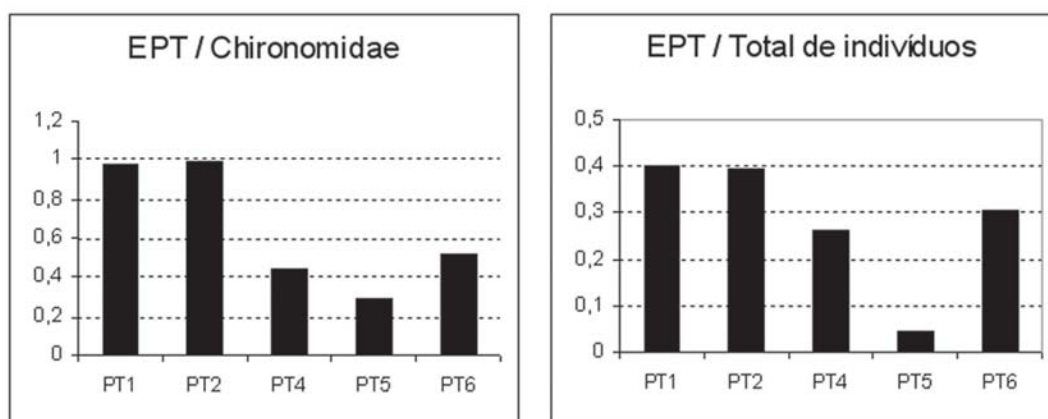


Figura 4: Valores do índice EPT para cinco pontos onde foram coletados macroinvertebrados bentônicos na FLONA-SFP, em 27/10/2004. Índice calculado em relação ao número de indivíduos da família Chironomidae e ao número total de indivíduos da amostra.

Na seqüência, foram realizadas análises de agrupamento e de MDS (Figura 6) considerando o número total de indivíduos de cada grupo taxonômico encontrados em um mesmo ponto de amostragem (soma dos valores das repetições). Isso permitiu que se avaliasse com maior clareza a disposição dos pontos PT1, PT2, PT4 e PT6 que formavam um grande grupo na Figura 5. Tanto o dendrograma quanto o diagrama MDS revelam a existência de três grupos, sendo um formado apenas pelo PT5 (grupo A), outro constituído pelos pontos PT4 e PT6 (grupo B) e um terceiro grupo formado pelos pontos PT1 e PT2 (grupo C). O PT5 diferencia-se dos demais devido às grandes quantidades de Copepoda e Oligochaeta (Annelida) e ao pequeno número de Ephemeroptera. Exemplos da classe Oligochaeta têm sido freqüentemente utilizados como indicadores de condições ambientais degradadas, uma vez que tais organismos são resistentes a poluentes, especialmente poluição orgânica (Kazanci & Girgin, 1998). Os pontos PT4 e PT6 assemelham-se por possuírem proporções semelhantes entre Chironomidae e Ephemeroptera (quase o do-

bro de indivíduos do primeiro grupo taxonômico em relação ao segundo). Já os pontos PT1 e PT2 são semelhantes porque possuem quase o mesmo número de Chironomidae em relação a Ephemeroptera. Como esses grupos taxonômicos são os mais abundantes nas amostras e o número de indivíduos dos demais grupos não apresenta muita variação, são eles os principais responsáveis por influenciar as análises estatísticas. Esses resultados corroboram com os obtidos através do índice EPT.

Dessa forma, a análise da comunidade de macroinvertebrados bentônicos (mesmo utilizando uma classificação taxonômica predominantemente em níveis de ordem e família) se mostrou eficiente no sentido de avaliar a qualidade das águas da FLONA-SFP. As análises físico-químicas, que complementaram esse estudo, auxiliaram a elevar a confiabilidade das conclusões formuladas.

A análise estatística multivariada distinguiu o PT5 dos demais, tanto para as variáveis ambientais quanto para a comunidade de macroinvertebrados bentônicos.

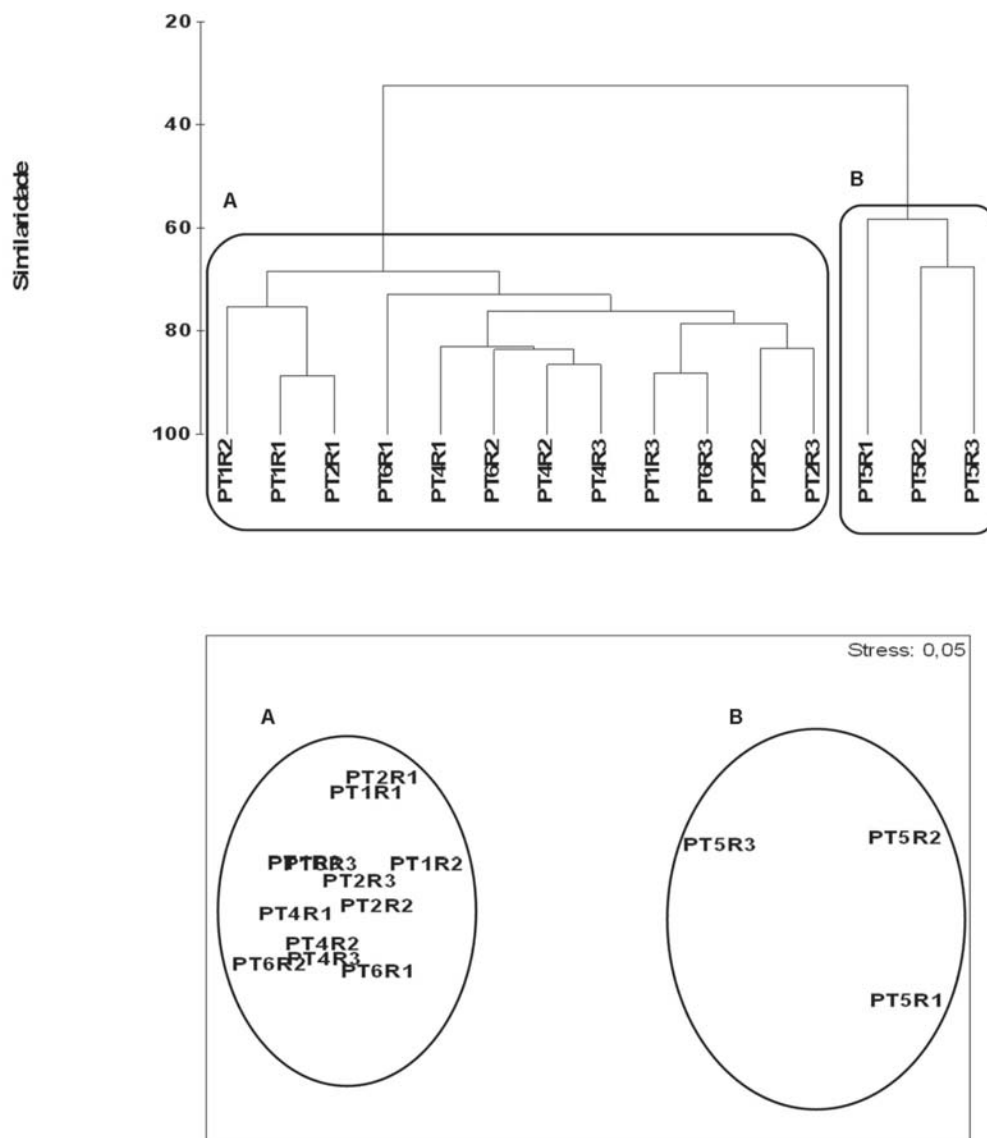


Figura 5: Dendrograma de agrupamento e diagrama MDS para as amostras de macroinvertebrados bentônicos coletadas no dia 27/10/2004, em cinco pontos situados na FLONA-SFP, nas microbacias do rio Rolante e do arroio Lajeado. Cada repetição foi considerada como uma amostra.

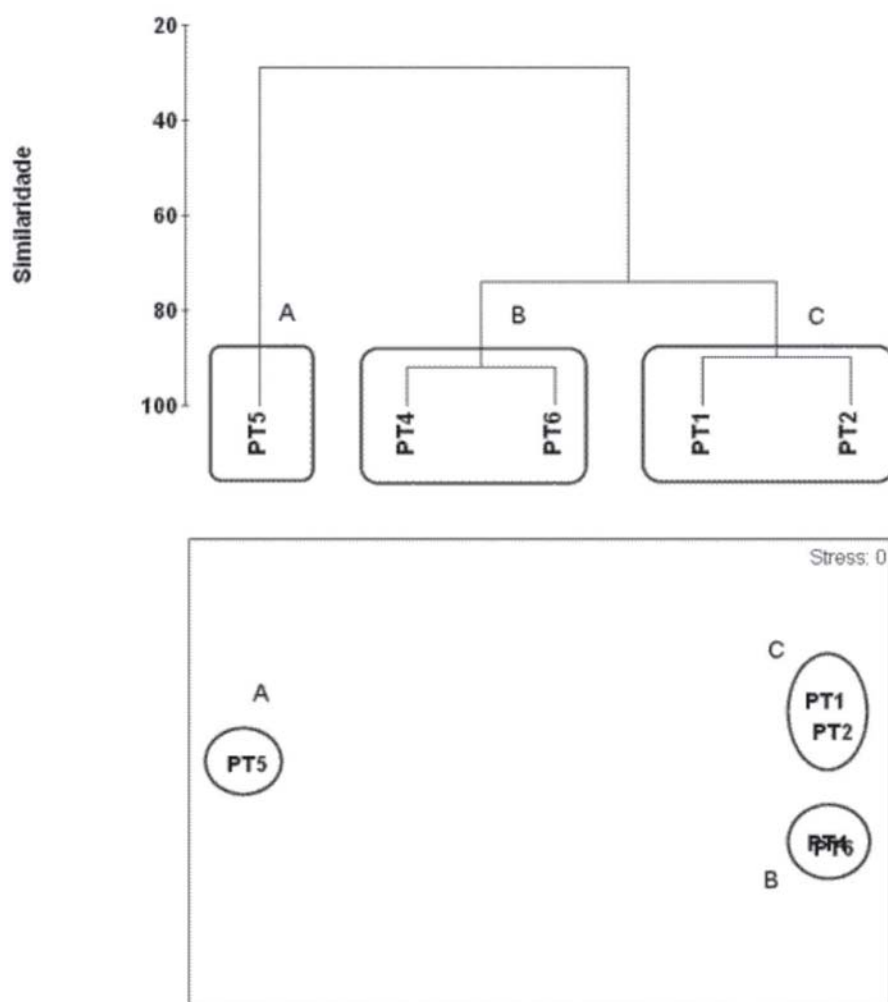


Figura 6: Dendrograma de agrupamento e diagrama MDS para as amostras de macroinvertebrados bentônicos coletadas no dia 27/10/2004, em cinco pontos situados na FLONA-SFP, nas microbacias do rio Rolante e do arroio Lajeado, considerando o número total de indivíduos de um mesmo grupo taxonômico encontrados em cada estação de coleta.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao IBAMA, em especial ao senhor José Arthur Soligo, diretor responsável da FLONA-SFP e ao biólogo Marcos de Souza Fialho pela autorização e apoio logístico ao trabalho realizado e ao programa PROF/CAPES pelo financiamento.

Referências

- AB'SÁBER, A. 2003. *Os domínios de natureza no Brasil - potencialidades paisagísticas*. São Paulo: Ateliê Editorial. 101p.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). 1998. *Standard for the examination of water and wastewater*. 20th ed. Washington: APHA. 1220p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). 1999. *Água - Determinação do pH - Método eletrométrico*. Brasília: NBR 14339/1999, ABNT. 3p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). 1999. *Água - Determinação da condutividade e da resistividade elétrica*. Brasília: NBR 14340/1999, ABNT. 3p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). 1992. *Água - Determinação da dureza total - Método titulométrico do EDTA-NA - Método de ensaio*. Brasília: NBR 12621/1992, ABNT. 4p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). 1996. *Água - Determinação de alcalinidade - Métodos potenciométrico e titulométrico*. Brasília: NBR 13736/1996, ABNT. 4p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). 1997. *Água - Determinação de cloretos - Métodos titulométricos do nitrato mercúrico e do nitrato de prata*. Brasília: NBR 13797/1997, ABNT. 5p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). 1998. *Água - Determinação de nitrato - Método da sulfanilamida e N-(1-naftil)-etilenodiamina*. Brasília: NBR 12619/1992, ABNT. 4p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). 1998. *Águas minerais e de mesa - Determinação de turbidez*. Brasília: NBR 11265/1990, ABNT. 2p.
- BARTRAM, J.; BALANCE, R. 1996. *Water Quality Monitoring: a practical guide to the design and implementation of freshwater quality studies and monitoring programmes*. London: E&FN Spon. 383p.
- BOYLE, T.P.; FRALEIGH JR., H.D. 2003. Natural and anthropogenic factors affecting the structure of the benthic macroinvertebrate community in an effluent-dominated reach of the Santa Cruz River, AZ. *Ecological Indicators*, 3: 93–117.
- BRASIL. Lei n. 9.985 de 18 de julho de 2000. Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza.
- CHAGAS, A.L.G.L.A.; SALOMÃO, A.L.F.; JESUS, F.; BARBOSA, S.N.; LUCATELLI, V.C. 2003. *Roteiro Metodológico para a Elaboração de Plano de Manejo para Florestas Nacionais*. Brasília: IBAMA. 56 p.
- CLARKE, K.R.; WARWICK, R.M. 2001. *Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation*. 2. ed. Plymouth: Primer-E.
- CLARKE, K.R.; WARWICK, R.M. 2001. *Primer-E (5) Computer Program*. Plymouth: Natural Environmental Research Council.
- COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (CETESB). 1978. *Medição de vazão de água por meio de molinetes e flutuadores: procedimento*. São Paulo: Norma L4.001, CETESB. 35p.
- CONAMA (Brasil) 1992. Resoluções do CONAMA 1984-1991: Resolução n.º 20 de 18 de junho de 1986. 4. ed. Brasília, p. 78-95.
- DORES, E. F. G. C.; DE-LAMONICA-FREIRE, E. M. 2001. Contaminação do ambiente aquático por pesticidas. estudo de caso: águas usadas para consumo humano em primavera do leste, mato grosso – análise preliminar. *Química Nova*, 24:27-36.
- FÖRSTNER, U.; WITTMANN, G. T. W. 1981. *Metal pollution in the aquatic environment*. 2. ed. Berlin: Springer-Verlag. 486 p.
- GIBBS, R. J. 1973. Mechanisms of trace metal transport in rivers. *Science*, 180: 71-73.
- HAMMER, O.; HARPER, D.A.T.; RYAN, P.D. 2004. *Past - Palaeontological Statistics, ver. 1.32*. Oslo: University of Oslo.
- HERMANN, M.L.; ROSA, R.O. 1990. Relevô. In: *Geografia do Brasil: Região Sul*. Vol. 2. Rio de Janeiro: IBGE. p. 55-83.
- KAZANCI, N.; GÝRGÝN, S. 1998. Distribution of Oligochaeta species as bioindicators of organic pollution in Ankara Stream and their use in biomonitoring. *Turkish Journal of Zoology*, 22: 83-88.
- KREBS, C. 1989. *Ecological methodology*. New York: Harper & Row. 654p.

- LACERDA, L. D. 1983. *Aplicação da metodologia de abordagem pelos parâmetros críticos no estudo de poluição por metais pesados na Baía de Sepetiba, Rio de Janeiro*. 1983. Tese de Doutorado - Instituto de Biofísica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- LEITE, P.F.; KLEIN, R.M. 1990. Vegetação. In: *Geografia do Brasil: Região Sul*. v. 2. Rio de Janeiro: IBGE. p.113-150.
- MINELLA, J. & MERTEN, G. H. 2002. Qualidade da água em bacias hidrográficas. *Agroecologia e Desenvolvimento Rural e Sustentável*, 3: 33-38.
- MOSER, J.M. 1990. Solo. In: *Geografia do Brasil: Região Sul*. Vol. 2. Rio de Janeiro: IBGE. p. 85-187.
- REICE, S.R.; WOHLNBERG, M. 1993. Monitoring freshwater benthic macroinvertebrates and benthic processes: measures for assessment of ecosystem health. In: ROSENBERG, D.M.; RESH, V.H. *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates*. New York: Chapman & Hall. 488 p.
- RESH, V.H.; MYERS, M.J.; HANNAFORD, M.J. 1996. Macroinvertebrates as biotic indicators of environmental quality. In: HAUER, F.R. & LAMBERTI, G.A. (eds.). *Methods in stream ecology*. San Diego: Academic Press. p. 647-667.
- ROSENBERG, D.M.; RESH, V.H. 1993. *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates*. New York: Chapman & Hall. 488 p.
- SCHÄFER, A. 1985. *Fundamentos de ecologia e biogeografia das águas continentais*. Porto Alegre: Ed. UFRGS. 532 p.
- SCHNEIDER, P.R.; BRENA, D.A.; FINGER, C.A.G.; LONGHI, S.J.; HOPPE, J.M.; VINADÉ, L.F.; BRUM, E.T.; SALOMÃO, A.L.F.; SOLIGO, A. 1989. *Plano de Manejo para a Floresta Nacional de São Francisco de Paula – RS*. Santa Maria: IBAMA. 215 p.
- SOUZA, E.M.A. 1994. Florestas Nacionais, grande papel a cumprir. *Silvicultura*, 56: 28-33.
- STRAHLER, A. N. 1977. *Geografia Física*. Barcelona: Ed. Omega. 767 p.
- STRECK, E.V.; KÄMPF, N.; DALMOLIN, R.S.D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P.C.; SCHNEIDER, P. 2002. *Solos do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre: EMATER/RS, UFRGS.
- TUCCI, C. E. M. 1997. *Hidrologia: Ciência e Aplicação*. 2. ed. Porto Alegre: Ed. UFRGS. 943 p.
- VALENTIN, J.L. 2000. *Ecologia Numérica: uma introdução à análise multivariada de dados ecológicos*. Rio de Janeiro: Interciência. 117 p.
- VON SPERLING, E. 1996. Fósforos em águas doces tropicais - por que tanta preocupação?. In: Simpósio Italo-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 3, Gramado-RS. Anais. ABES, v. 1, p. 77.
- WENTZEL, R. G.; LINKENS, G. E., 1991. *Limnological analyses*. New York: Springer Verlag. 391 p.